

Acústica II:

Acústica Arquitectónica: Campos Sonoros. El Tiempo de Reverberación.

La Acústica Arquitectónica permite controlar el comportamiento del sonido dentro de una cavidad, recinto, cuarto o volumen para que la misma sea la apropiada según la aplicación y evitar que sonidos provenientes del exterior penetren en el mismo o que los internos salgan hacia el exterior. Lo primero se denomina acustización interna y lo segundo aislamiento.

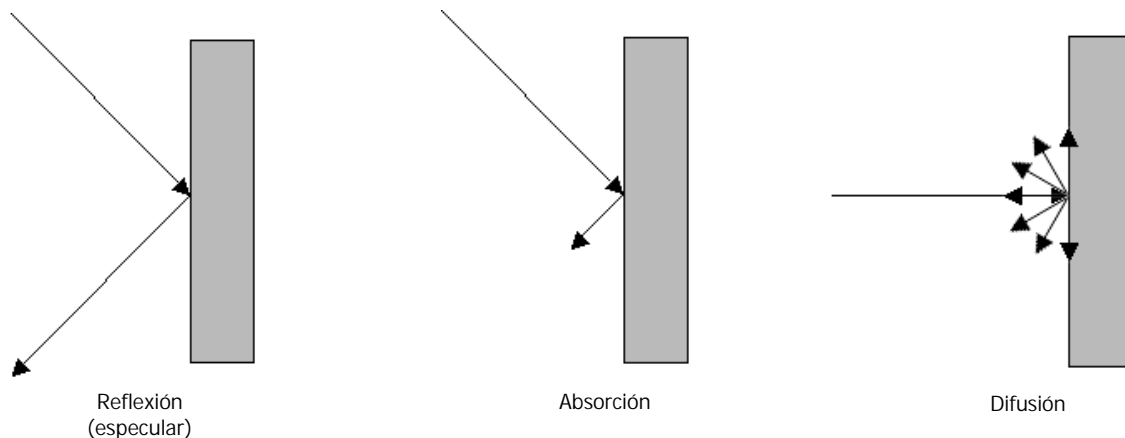
El control del sonido de la acustización interna se realiza mediante tres herramientas acústicas básicas: la reflexión, la absorción y la difusión.

La reflexión es la herramienta primigenia, donde se cumple la "ley de los espejos" o de Snell. La misma dice que el ángulo de incidencia será idéntico al de reflejo respecto de una recta normal al plano de la superficie acústica donde se produce la reflexión y que la energía entrante es igual a la de salida.

La absorción es la herramienta por la cual se retira energía acústica del recinto consumiéndola (convirtiéndola en calor) dentro de la superficie absorbente. Si bien se sigue cumpliendo la ley de los espejos, la energía entrante es mayor que la energía saliente. La diferencia se convirtió en calor.

La difusión es una herramienta acústica relativamente nueva mediante la cual se suponía redistribuir uniformemente la energía acústica en el espacio solamente. Nuevos estudios demostraron que el accionar de esta herramienta no sólo se produce en el espacio sino también en el tiempo. O sea que la difusión es un fenómeno de dispersión de la energía en el espacio y en el tiempo. El cumplimiento en parte de esta anterior definición implica un funcionamiento parcial de la herramienta.

La difusión es el resultado del re-direccionamiento de los rayos sonoros (según el modelo acústico geométrico) debido a la difracción de los mismos ante obstáculos y aberturas. También lo es debido a la utilización de superficies convexas donde se producen las reflexiones. Los primeros son llamados numéricos, pues sus formas devienen de secuencias modulares basadas en números primos y los segundos son llamados cilíndricos, policilíndricos o aleatorios.



Es imprescindible acotar que se generará una reflexión de la energía incidente sobre una superficie siempre que exista una desadaptación de impedancias entre la del medio (ρc) y la impedancia acústica superficial de la herramienta acústica a utilizar. Esto significa que casi siempre existirá una componente de reflexión. Y sólo en el caso particular de la difusión (optimizada en el espacio) se pueden conocer las direcciones de salida de las mismas.

Mediante estas tres herramientas se pueden controlar los *campos acústicos* y varios parámetros acústicos que presentaremos a su debido momento, pero por ahora nos focalizaremos sólo en los primeros y en el *Tiempo de Reverberación*.

Dentro de todo recinto (con aire en su interior) al encender una fuente sonora cualquiera se generan los llamados "campos sonoros", a saber:

Cercano, Lejano, Libre, Reverberante, Activo y Reactivo, entre otros.

En el presente nivel de divulgación sólo nos ocuparemos de los cuatro primeros.

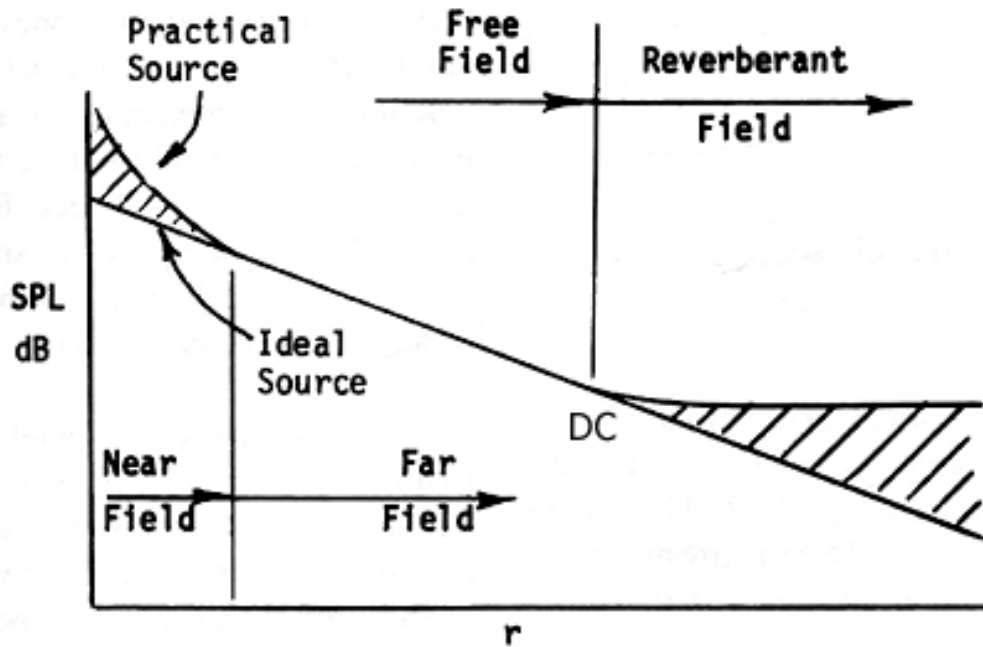
El campo Cercano es aquella *zona o espacio geométrico* muy próximo a la fuente donde se presentan alinealidades respecto de la atenuación del sonido en función de la distancia y exhibe efectos netamente reactivos (de almacenamiento de la energía).

El campo Lejano es aquel que se genera a partir de la distancia donde se comienza a cumplir la ley del cuadrado inverso a medida que el receptor se aleja de la fuente (-6dB por cada duplicación de la distancia para fuentes esféricas).

El campo libre es aquel donde los efectos de las reflexiones de la cavidad (si es que existe cavidad) son mínimos frente al sonido directo. Este lugar geométrico se desarrolla desde la fuente hasta la distancia crítica (DC), lugar a partir del cual existe el campo reverberante.

El campo reverberante es aquella zona o espacio geométrico donde existe aleatoriedad en la dirección del flujo del sonido.

La Distancia crítica es entonces aquella distancia de la fuente en la cual el aporte de energía es mitad debido al campo libre y mitad debida al campo reverberante.



El anterior gráfico relaciona el nivel SPL en un receptor a medida que se aleja de la fuente [m].

La ecuación que predice este comportamiento en función de la distancia es:

$$SPL = 120 + 10 \log W + 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right)$$

$$R = \frac{0,163 \cdot V}{(1 - \alpha) \cdot RT60}$$

- W: potencia acústica de la fuente.
- r: distancia entre el receptor y la fuente.
- R: constante del recinto.
- α : coeficiente de absorción.
- DC: distancia crítica.
- V: Volumen del recinto.

$$DC = 0,057 \cdot \sqrt{\frac{Q \cdot V}{RT60}}$$

Siendo Q el factor de directividad de la fuente (en función de la frecuencia y del ángulo de radiación):

$$DI(f) = 10 \log(Q(f))$$

Llamamos DI al índice de directividad de una fuente sonora [dB].

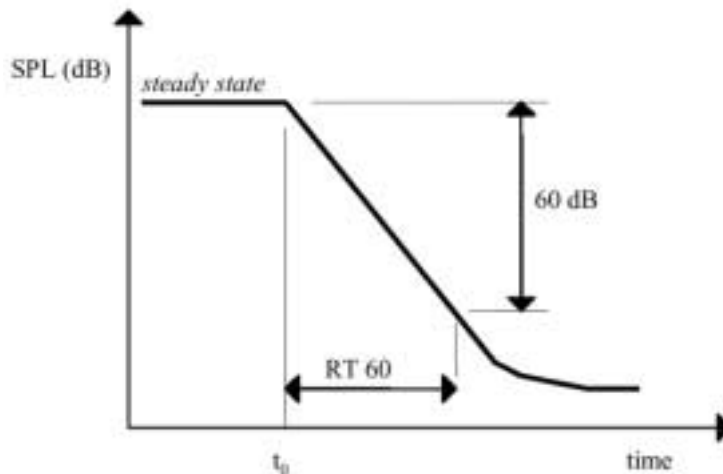
El conocer la situación de los campos es muy útil por ejemplo para:

Posicionamiento de micrófonos: La distancia a la fuente regula la relación campo directo / campo reflejado.

Ubicación de la audiencia: Las primeras filas de la audiencia en un Auditorio, Teatro o Sala deben colocarse aproximadamente en la DC de manera tal que el nivel sonoro del resto de los asientos sea el mismo hasta el fondo del recinto.

S/N de una Sala: para un programa sonoro cualquiera, el nivel sonoro del campo reverberante es el equivalente al ruido con el que el sonido directo deberá coexistir.

El nivel del campo reverberante es función del *Tiempo de Reverberación*. El mismo se define como el tiempo que tarda en decaer 60dB la señal dentro de un recinto una vez apagada la fuente, o si la excitación fue de tipo impulsiva. Matemáticamente hablando es la pendiente del decay observado una vez apagada la fuente.



El Tiempo de Reverberación (RT60) es uno de los parámetros más importantes de la acústica, si bien al día de hoy se descubre que no es el más importante de todos, en los recintos de escucha crítica.

El RT60 ideal para un dado recinto depende del tipo de fuente sonora a ser reproducida dentro del mismo.

Es importante aclarar que habiendo registrado un decay de la señal de excitación dentro de un punto de un recinto, el mismo no tendrá una única pendiente sino que presentará más de una. Esto se debe a una escasa difusión (dispersión temporal) del sonido dentro del mismo.

También si se registran varios decays en diferentes puntos de un recinto se observará que casi todos son diferentes (en mayor o en menor medida). Esto se debe también a una escasa difusión (dispersión temporal) dentro del mismo.

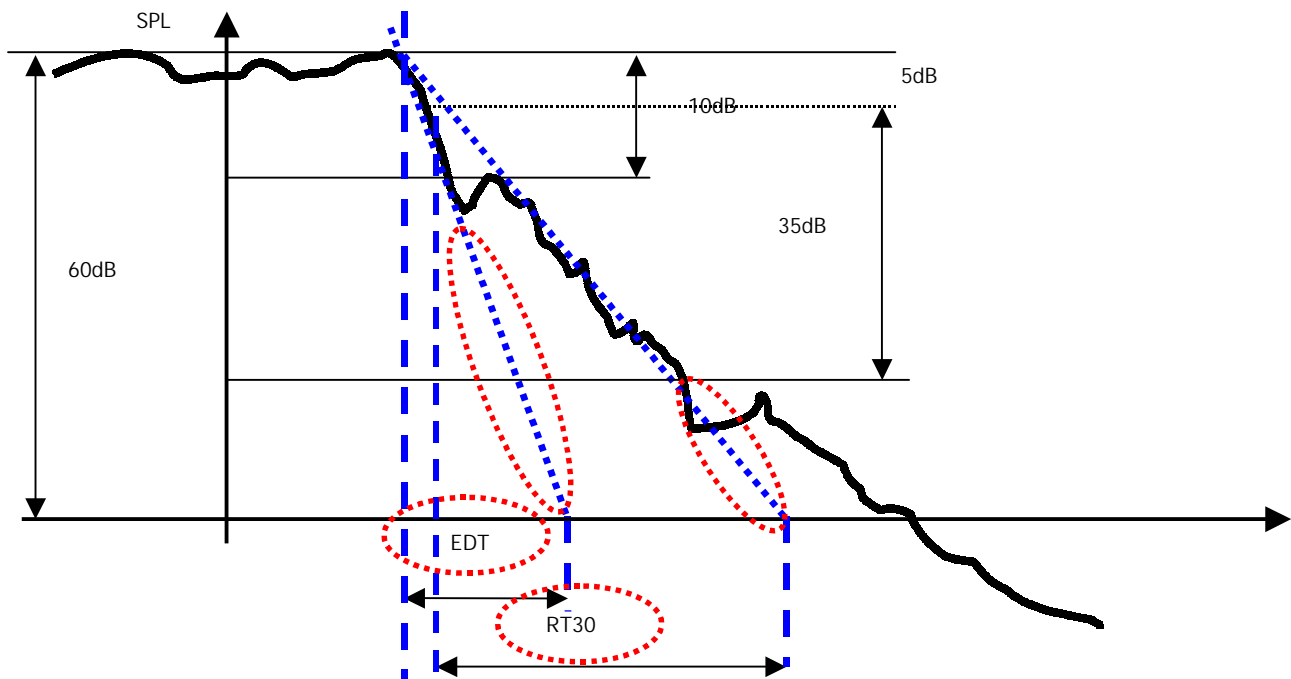
Como medida para cuantificar las diferentes pendientes que pueden existir en un decay se definen otros parámetros relativos al RT60:

EDT, RT10, RT20, RT30, etc.

El EDT (Early Decay Time) es el RT60 resultante de interpolar una recta entre los puntos a 0dB y -10dB del decay de la respuesta del recinto.

Los RT (Reverberation Time) son los RT60 resultantes de interpolar una recta entre los puntos a -5dB y -15dB del decay de la respuesta del recinto en el caso del RT10, entre -5dB y -25dB para el RT20 y entre -5dB y -35dB para el RT30.

EDT = RT10 (0dB ~ -10dB).
RT20 = RT(-5dB ~ -25dB).
RT30 = RT(-5dB ~ -35dB).



La esencia del Tiempo de reverberación tiene explicación desde varios modelos acústicos (diferentes simplificaciones de la realidad). Pero eso lo veremos en la próxima entrega.

Para estas fiestas les deseo que nunca pierdan La Pasión. Será el motor de sus vidas. Y si creen haberla perdido, este es un buen momento para comenzar a re-encontrarla.

Mucha suerte y sean felices.

Ing. Alejandro Bidondo
www.ingeneriadesonido.com